

THEME 1 : SCIENCES, CLIMAT, SOCIETE

Introduction – Doc fiche 3

Aujourd'hui, ce n'est plus un secret pour personne, la concentration en CO₂ de notre atmosphère augmente d'année en année. Comme il s'agit d'un gaz à effet de serre, cette augmentation de la concentration en CO₂ a un impact important au niveau climatique parce qu'elle entraîne un **réchauffement climatique**. Cette variation de composition de l'atmosphère à l'échelle d'une vie humaine n'est pas un cas isolé dans l'histoire de la Terre puisque que l'atmosphère a subi au cours de son histoire de très nombreuses variations au niveau de sa composition.

Rappels :

[La terre et son atmosphère](#) - climat ou météo ? - [Effet de serre](#) – Les métabolismes cellulaires

Quiz de la fiche de remobilisation à faire pour le cours suivant + questions Belin p20

Remarque : Toutes les planètes de notre Système solaire sauf Mercure possèdent une atmosphère (du grec Atmos=vapeur et sphaira=sphère) ; → Couche de gaz située au-dessus de la surface de la planète.

CHAPITRE 1 : L'ATMOSPHERE TERRESTRE ET LA VIE

Objectif du chapitre : Comprendre comment avons-nous pu passer d'une atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle

Problématique : Comment s'est formée l'atmosphère terrestre ? Comment a-t-elle favorisé le développement de la vie et son maintien ?

I. FORMATION DE L'ATMOSPHERE PRIMITIVE ET APPARITION DE LA VIE DANS LES OCEANS

Activité 1. Quelle est l'origine de l'atmosphère primitive et de son évolution ? Comment la vie est-elle apparue dans les océans ? [Manuel Belin p 22-23](#)

Préambule + doc 1,2,3 p 22: La Terre s'est formée par accrétion de gaz et de poussières, son atmosphère primitive lors de sa formation était essentiellement composée d'H₂ et d'He, gaz qui se sont rapidement échappés.

Doc 1,2,3 : Le fort bombardement météoritique et le volcanisme que va ensuite subir la Terre, va enrichir son atmosphère primitive (par dégazage) en H₂O 80%, CO₂ 15% et N₂ 5% + CH₄... = Composition de l'atmosphère primaire.

Doc 4,6 p23 : Les zircons, des minéraux présents dans les roches de la Terre sont les plus anciens matériaux connus à sa surface : 4.4 Ga. Ils se forment par cristallisation partielle dans un magma hydraté dont la température ne dépasse pas la température de cristallisation des zircons= 696°C. Ces informations permettent de dire qu'il y a 4.4Ga, il existait déjà de l'eau liquide sur Terre.

Doc 5,7 p 23 : Une partie de l'énergie thermique issue de l'accrétion s'étant dissipée, le flux thermique interne de la Terre a fortement diminué. Sa température de surface, il y a 4,4Ga n'est plus que de 300°C. Or d'après le diagramme de phase de l'eau, on peut voir que pour une pression comprise entre 39 et 207 atm et une température de surface de 300°C à cette époque, l'eau devait passer de l'état gazeux à l'état liquide et se condenser pour former les 1ers océans.

Partie de l'activité 1 à faire à la maison

Réponse partie 2 : Pas d'océan sur vénus car l'eau y est présente sous forme gazeuse à cause des conditions de T°C et de P° / 150Ma / La diminution du bombardement météoritique et la diminution du flux thermique liée à la dissipation de l'énergie thermique, ont permis à la Terre de refroidir, passant en 150 Ma de 1000°C à 300°C. La vapeur d'eau présente dans l'atm s'est alors condensée (liquéfaction) pour se mettre à ruisseler sur la surface terrestre et former les 1ers océans.

Compétences travaillées

C3.3 Rechercher et organiser des informations
C4.1 Rédiger une argumentation scientifique

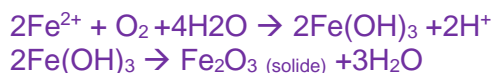
- La composition atmosphérique actuelle est d'environ 78 % de diazote (N₂) et 21 % de dioxygène (O₂), avec d'autres gaz dont l'eau (H₂O,) et des traces de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'hémioxyde d'azote (N₂O).
- Une atmosphère primitive s'est rapidement mise en place à 4,6 Ga. Grâce à l'étude des gaz contenus dans les météorites de type **chondrite**, la teneur de l'atmosphère primitive en diazote, dioxyde de carbone et eau a pu être évaluée.
- Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a conduit à la liquéfaction de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale. L'hydrosphère s'est alors formée, dans laquelle s'est développée la vie.

II. ORIGINE DU DIOXYGENE DANS L'ATMOSPHERE

Activité 2. Quand et comment le dioxygène atmosphérique est-il apparu ?

Partie 1 : Des structures fossiles en forme de boule, ou de chou-fleur, datées de - 3.5GA constituent les plus anciennes formes de vie. Ces structures calcaires appelées stromatolithes (du grec stromatos=couches et lithe=pierre) existant toujours aujourd'hui, sont la trace des 1ères formes de vie en colonies, de cyanobactéries fixées. Ces bactéries photosynthétiques produisent de la matière organique (amidon) et du dioxygène à partir de matière minérale (CO₂) et d'énergie lumineuse. Elles contribuent ainsi à la précipitation du calcaire (carbonates) en consommant du CO₂ et à libérer du O₂ qui se dissout dans l'eau.

Partie 2 : L'hématite est un oxyde de fer Fe₂O₃ ; elle se forme en milieu aquatique par oxydation des ions ferreux Fe²⁺



Les fers rubanés sont des structures anciennement aquatiques. Ils témoignent d'une oxydation du fer en milieu aquatique tout le temps que l'océan se chargeait en dioxygène produit par photosynthèse. Vers - 2,2 Ga, un changement est observé (doc. 7) : l'océan étant devenu totalement oxydé, tout le fer aquatique est oxydé. Le dioxygène diffuse alors depuis l'océan vers l'atmosphère : dès lors, le fer terrestre s'en retrouve oxydé par le même mécanisme et des paléosols rouges se forment (doc. 6). Dès - 2,2 Ga, l'atmosphère réductrice s'enrichit en dioxygène et devient donc oxydante.

Compétences travaillées

C3.3 Exploiter des documents
C4.1 Rédiger une argumentation scientifique
C1.1 Résoudre un problème scientifique

La découverte de **minerais rouges/Fers rubanés** riches en Fe³⁺ (=fer oxydé) âgés d'au moins 3,5 Ga est la preuve que du dioxygène a d'abord été produit dans les océans. Par comparaison des **cyanobactéries** actuelles et des espèces fossiles retrouvées dans des **stromatolites** fossiles, on estime que ce sont ces bactéries photosynthétiques qui ont enrichi les océans en O₂. Pendant 1 Ga, ce dioxygène a été entièrement capté par des espèces chimiques réduites océaniques.

La datation des **paléosols rouges** permet de situer l'apparition du dioxygène atmosphérique vers -2,4 Ga. Sa concentration atmosphérique actuelle a été atteinte il y a 500 millions d'années environ, stabilisée grâce à l'équilibre entre la photosynthèse productrice (source) de dioxygène et la respiration, et les combustions consommatrices (puits) de dioxygène.

III. LE DEVENIR DU DIOXYGENE ATMOSPHERIQUE

Activité 3. La couche d'ozone et le développement de la vie terrestre ?

Doc 1 : La couche d'ozone se situe à environ 25-30 km d'altitude au niveau de la stratosphère. Le doc 2 présente la relation entre la longueur d'onde et l'énergie des différents UV.

Doc 3. L'ozone possède une bande d'absorption dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 200 et 300 nm avec un maximum d'efficacité à 255 nm. Elle absorbe aussi entre 300 et 360 nm mais plus faiblement.

En conséquence, le rayonnement inférieur à 310 nm n'atteint pas la surface terrestre. Ainsi les UV-c sont-ils totalement filtrés, les UV-b en très grande proportion et les UV-a partiellement. L'ozone est donc un filtre sélectif envers les UV du Soleil.

Doc3. Le spectre d'absorption de l'échantillon d'ADN met en évidence une bande d'absorption dans les ultraviolets avec un maximum pour $\lambda = 260 \text{ nm}$, tout comme l'ozone.

Doc 5. Les ultraviolets ont une action sur l'ADN contenu dans le noyau de nos cellules, notamment les cellules de notre peau. Les UV peuvent casser l'ADN, provoquer des

Compétences travaillées

C3.3 Exploiter des documents
C4.1 Rédiger une argumentation scientifique
C3.4 Coopérer et collaborer

mutations (modification de la séquence nucléotidique), ou déformer l'ADN (formation de dimères de thymine).

Or d'après le doc 4, plus l'exposition aux UV est importante, plus le risque de mutation est élevé. C'est l'accumulation de mutations qui est un facteur déclenchant de cancer, notamment pour le cancer de la peau qui affecte particulièrement les populations australiennes.

L'Australie se trouvant sous le trou de la couche d'ozone ; elle bénéficie moins de l'effet protecteur de celle-ci. Les êtres vivants reçoivent donc davantage de rayons UV en Australie que dans une autre région du monde (surtout durant le printemps austral). Cela constitue donc un risque majeur de santé publique.

Lorsque la teneur en O₂ atmosphérique a atteint 1 %, les rayons UV ont permis la création d'ozone stratosphérique (O₃) prenant la forme d'une couche à une altitude d'environ 25-30 kilomètres.

La **couche d'ozone** absorbe une partie du rayonnement ultraviolet solaire et protège les êtres vivants de ses effets mutagènes.

Le dioxygène est aujourd'hui toujours produit par photosynthèse (source de O₂) et consommé par tous les organismes réalisant la respiration (puits de O₂). La combustion de la biomasse est aussi un puits de O₂.

IV. LE CYCLE DU CARBONE A LA SURFACE DE LA TERRE

Activité 4.

Le cycle du carbone est décrit par un ensemble de **réservoirs** (atmosphère, sols, océans, biosphère et roches) échangeant des **flux de carbone**. Le principal réservoir est constitué par des roches sédimentaires (roches carbonatées et roches carbonées) qui, lors de leur formation ancienne, ont contribué à diminuer la teneur en CO₂ atmosphérique.

Si le bilan carboné de la photosynthèse et de la respiration est nul, les activités humaines émettent du CO₂ vers l'atmosphère. Ce carbone provient de combustibles fossiles, formés il y a plusieurs dizaines ou centaines de millions d'années, qui ne se renouvellent pas assez vite pour que les stocks se reconstituent : ces ressources sont dites **non renouvelables**.

Bilan vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=KIJZODu05es>

[Cycle du carbone](#) [De l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle](#)

Exercice à faire n°16 p 39 *Stocker du carbone dans les sols*

- 800/1 600 soit 50%.
- $804,3/1\ 600 = 50,2\ \%$. L'augmentation devrait être de 0,2 %.
- On constate que le passage d'une forêt ou d'une prairie à une culture contribue à libérer du carbone stocké dans les sols vers l'atmosphère (autour de 20 tC/ha en 20 ans) tandis que le passage d'une culture vers une forêt ou une prairie a tendance à stocker du carbone dans les sols (autour de 20 tC en 60 ans)
- $0,4 \times 28 \cdot 10^6 = 11,2\ \text{MtC/an}$ pour l'agroforesterie.
- Ce chiffre correspond à près de la moitié des émissions de carbone liées à l'agriculture française.

Les mots-clés du chapitre :

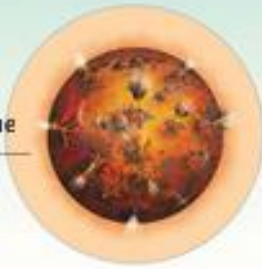
- **Zircon** : Minéral très résistant, plus vieux matériau terrestre connu à ce jour.
- **Formation de fer rubanée** : Roche constituée de successions de couches claires de silice et de couches rougeâtres d'hématite (oxyde de fer III).
- **Stromatolithe** : formation rocheuse calcaire formée par l'activité de bactéries photosynthétiques, les cyanobactéries.
- **Couche d'ozone** : Partie de la stratosphère comportant une concentration plus importante d'ozone.
- **Réservoir de carbone** : Compartiment terrestre stockant du carbone sous différentes formes moléculaires. Sur Terre, il y a quatre réservoirs de carbone : l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et le réservoir géologique (les roches).
- **Flux de carbone** : masse de carbone transférée par unité de temps d'un réservoir de carbone à un autre.
- **Les roches carbonées** contiennent du carbone en proportion variée, issu de la transformation de la matière organique (ex : charbon, pétrole...).
- **Les roches carbonatées** sont formées au fond de l'eau par sédimentation de restes calcaires (comme CaCO₃ : carbonate de calcium) de différents organismes.

L'atmosphère terrestre et la vie

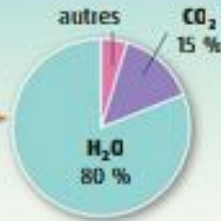
Âge de la terre

< 100 millions d'années

Effet de serre important



Atmosphère



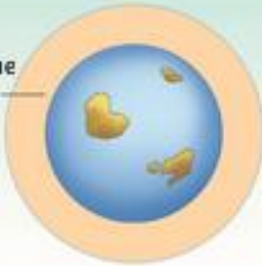
Présence de vie → Aucun indice

Surface

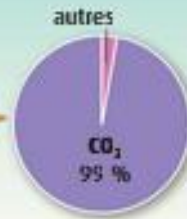
Roches en fusion + > 1200 °C

≈ 150 millions d'années

Effet de serre important



Atmosphère



Présence de vie → Aucun indice

Surface

Océan + continents + < 300 °C

2 à 3 milliards d'années

Effet de serre plus faible

Couche d'ozone (O₃) protectrice



Formation de roches carbonatées



Formation de roches carbonatées

CO₂ atmosphérique

Plus vieux indices de la présence de vie ≈ 3,5 milliards d'années

Activité de bactéries photosynthétiques



Activité de bactéries photosynthétiques

O₂ atmosphérique + formation d'ozone O₃

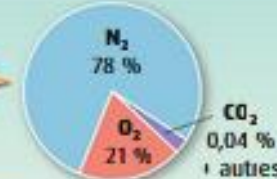
4,5 milliards d'années

Effet de serre modéré

Couche d'ozone



Atmosphère



Surface ≈ 15 °C

Cycle du carbone

= Réservoir = stock de carbone

= Flux = circulation de carbone entre réservoirs

